



УДК 621.436

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ ВО ВПУСКНОМ КАНАЛЕ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ AVL FIRE

### SIMULATION OF STATIONARY GAS FLOWS IN THE INTAKE PIPE OF PISTON ENGINE IN THE AVL FIRE SOFTWARE

**Перескоков Антон Александрович**, магистр каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: pereskocov59@yandex.ru, Тел.: +7(912)601-19-22

**Плотников Леонид Валерьевич**, канд. техн. наук, доцент каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: leonplot@mail.ru. Тел.: +7(922)291-64-50

**Anton A. Pereskocov**, Postgraduate student, Department «Heat power engineering and heat engineering», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: pereskocov59@yandex.ru. Ph.: +7(912)601-19-22

**Leonid V. Plotnikov**, Candidate of technical Sc., Associate Prof., Department «Turbines and engines», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: leonplot@mail.ru. Ph.: +7(922)291-64-50

**Аннотация:** В статье представлены результаты математического моделирования стационарных газовых потоков во впускном трубопроводе поршневого двигателя внутреннего сгорания. Математическое моделирование выполнялось с помощью программного обеспечения AVL FIRE, разработанного австрийской фирмой AVL Ltd. В статье представлены результаты моделирования в виде распределения векторов скорости во впускном канале и клапанной щели, а также их анализ. Производится сравнение полученных результатов с результатами других авторов. Установлено, что разработанная модель корректно описывает процессы, происходящие при течении газовых потоков в каналах поршневых двигателей, и она может быть использована для дальнейших исследований.

**Abstract:** The results of mathematical modeling of stationary gas flows in the intake pipe of an internal combustion engine are presented in the article. Mathematical modeling was performed using the AVL FIRE software, developed by the AVL Ltd Austrian firm. Distribution of velocity vectors in the intake pipe and the valve gap and their analysis are presented in this paper as the simulation results. The comparison of the obtained results with results of other authors is made in the article. The developed model describes correctly the processes occurring during the flow of gas streams in the pipes of piston engines, and it can be used for further research.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания; математическое моделирование; процесс впуска; стационарный газовый поток; поле скоростей.

**Key words:** internal combustion engine; mathematical modeling; intake process; stationary gas flow; velocity field.

#### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что эффективность работы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) во многом определяется совершенством процессов, происходящих во впускной системе [1-3]. Одним из распространенных способов повышения технико-экономических показателей ДВС является улучшение газодинамических показателей впускной системы за счет модернизации ее конструкции. Традиционно такой подход связан с большим количеством экспериментальных исследований и испытаний двигателей. Однако, интенсивное развитие

компьютерных технологий привело к тому, что на сегодняшний день ведущие предприятия в области двигателестроения предлагают большое количество разных программных комплексов, которые позволяют моделировать трехмерные течения газовых потоков во впускных и выпускных системах. Это существенно упрощает задачу, связанную с модернизацией газоздушных систем поршневых двигателей и уменьшает количество дорогостоящих испытаний. В данной статье представлены результаты математического моделирования стационарных газовых потоков во впускном трубопроводе

поршневого двигателя внутреннего сгорания. Математическое моделирование выполнялось с помощью программного обеспечения AVL FIRE, разработанного австрийской фирмой AVL Ltd. Цель работы состояла в разработке и верификации математической модели, корректно описывающей процессы течения газовых потоков во впускной системе поршневого двигателя.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Математическое моделирование выполнялось с помощью программного обеспечения AVL FIRE, разработанного австрийской фирмой AVL Ltd. В качестве объекта исследования была выбрана впускная система дизельного двигателя размерности 21/21 (заводское обозначение ДМ-21), производства ООО «Уральский дизель-моторный завод».

В данном случае разрабатывалась трехмерная модель, которая соответствует внутренней полости впускного коллектора, каналов в головке цилиндра с установленными впускными и выпускными клапанами, а также условными объемами на входе и выходе. Условный объем на выходе равнялся 1,5 от объема цилиндра двигателя, а условный объем на входе (объем подводящего канала) – 0,33-0,5 также от объема цилиндра ДВС.

Все геометрические характеристики элементов впускной системы (впускных и выпускных каналов в головке, а также впускных труб и выпускных коллекторов) задавались согласно этим показателям для дизелей семейства ДМ-21.

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Одной из важных задач при моделировании трехмерных течений является разбивка рабочего тела на конечные элементы. В данном случае разбивка осуществлялась в специальном модуле Fire FAME Неха. Ее результаты представлены на рис. 1.

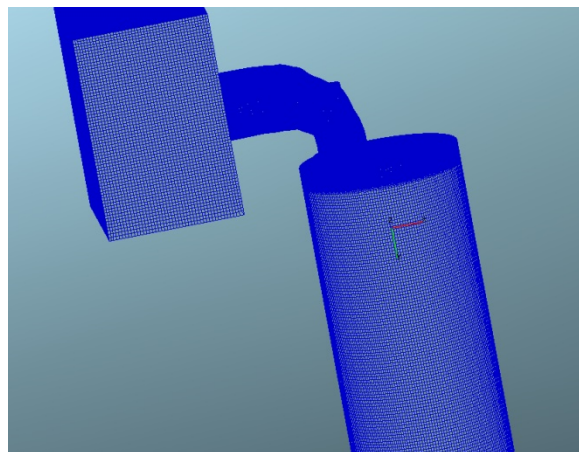


Рис. 1. Результат разбиения внутренней полости впускного канала и головки цилиндра дизеля размерности 21/21 на конечные элементы

В процессе моделирования минимальный размер ячейки составлял 0, максимальный – 0,004 м, количество пограничных слоев равнялось 1, степень сжатия пограничного слоя – 1.

На рис. 2 и 3 показаны результаты трехмерного моделирования стационарного газового потока через впускную систему дизеля при нормальных атмосферных условиях.

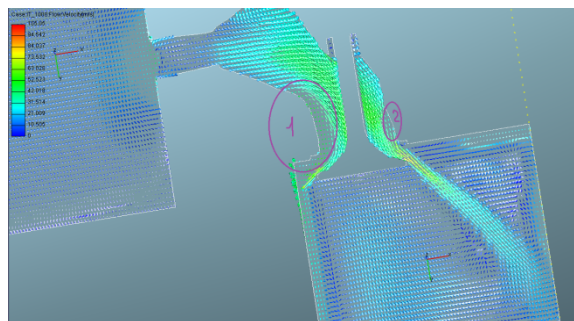


Рис. 2. Распределение векторов скорости во впускном канале дизеля размерности 21/21

Из рис. 2 видно, что в клапанном узле существуют две застойные зоны (они выделены овалами).

Для данной конфигурации впускной системы наблюдаем, что наибольшее влияние на структуру потока оказало соударение со стержнем клапана и вогнутой (внешней) стенкой канала. Следует отметить, что поток рано отрывается от выпуклой (меньшего радиуса) стенки из-за соударения со стержнем, и образуется завихрение, которое распространяется вплоть до выхода из клапанной щели (область 1), тем самым уменьшая ее действительное эффективное сечение. Соударение о вогнутую стенку можно наблюдать чуть выше области отрыва (область 2), в области соударения со стенкой также как и в случае с соударением со стержнем клапана наблюдается повышение скорости потока из-за его «поджатия» и образование застойной зоны.

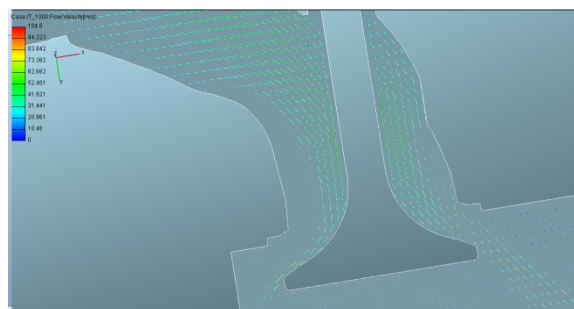


Рис. 3. Распределение векторов скорости в клапанной щели впускного канала дизеля размерности 21/21

На рис. 3 можно наблюдать значительное влияние застойных зон в клапанном узле и, соответственно, существенное уменьшение живого сечения впускного канала в головке цилиндра. Это, в свою очередь, негативно

отразится на наполнении цилиндра свежим зарядом, а соответственно, и на технико-экономические показатели двигателя в целом.

На рис. 4 показано распределение векторов скоростей, расположенных перпендикулярно секущей плоскости, во впускном канале дизеля.

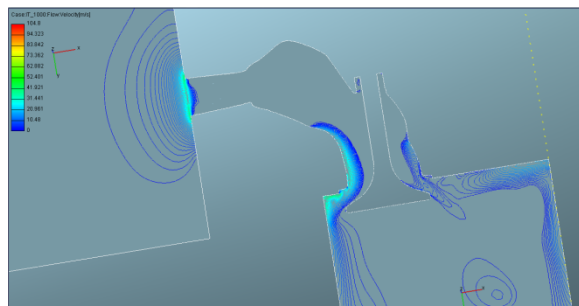


Рис. 4. Распределение векторов скоростей, расположенных перпендикулярно секущей плоскости, во впускном канале дизеля

Из рис. 4 видно, что распределение свежего заряда по объему цилиндра является неравномерным. Таким образом, можно сделать вывод, что рассматриваемая конфигурация впускной системы дизеля ДМ-21 является неоптимальной и необходимо ее дальнейшее совершенствование.

Для того, чтобы оценить адекватность разработанной математической модели, проводилось сравнение полученных результатов с результатами других авторов. Так, на рис. 5 показана структура потока во впускном канале двигателя ЧН 30/38 при высоте подъема клапана 10 мм, полученная методом пузырьков [1].

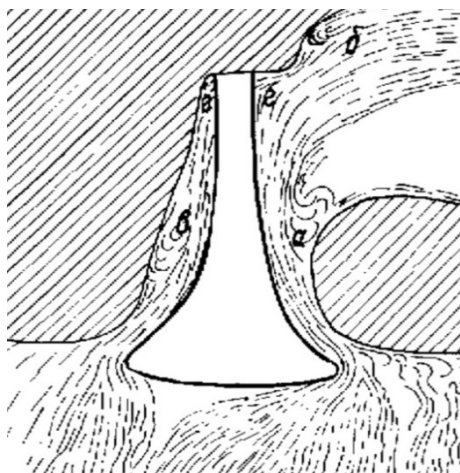


Рис. 5. Структура потока во впускном канале двигателя ЧН 30/38 при высоте подъема клапана 10 мм, полученная методом пузырьков [1]

Сравнивая рис. 3 и 5, можно отметить, что поля скоростей качественно имеют одинаковый вид. На

обоих рисунках наблюдаются застойные зоны в районе клапанного узла на впуске.

Следует отметить, что застойная зона около вогнутой стенки намного меньше зоны около выпуклой стенки, а следовательно, ее отрицательное влияние значительно меньше и эффективное сечение с ее стороны больше. Это явление наблюдается довольно часто при проектировании впускных каналов, а именно, неравномерность распределения потока через клапанный узел с «перекосом» в сторону вогнутой стенки [1].

Таким образом, можно сделать вывод, что результаты моделирования на основе разработанной математической модели, качественно подтверждаются результатами других авторов и, соответственно, она может быть использована для дальнейших исследований и модернизации конфигурации впускных и выпускных систем дизелей семейства ДМ-21.

## ВЫВОДЫ

На основе проведенного исследования, можно сделать следующие основные выводы:

1. На основе программного обеспечения фирмы AVL Ltd была разработана математическая модель для расчета трехмерных стационарных газовых потоков во впускной системе дизеля размерности 21/21 для ее последующей доводки.
2. Результаты трехмерного моделирования стационарных газовых потоков во впускном трубопроводе качественно совпадают с экспериментальными данными, следовательно, разработанная модель может быть использована для дальнейших исследований.
3. Для практического использования результатов трехмерного моделирования газовых потоков в газозвушных трактах ДВС необходимы базовые знания в области теории рабочих процессов и конструирования двигателей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Драганов Б.Х., Круглов М.Г., Обухова В.С. Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания. Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1987. 175 с.
2. Вихерт М.М., Грудский Ю.Г. Конструирование впускных систем быстроходных дизелей. М.: Машиностроение, 1982. 151 с.
3. Совершенствование процессов в газозвушных трактах поршневых двигателей внутреннего сгорания: монография / Под общ. ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2015. 228 с.